百合 *Plantago asiatica mosaic virus* 特性及其防治策略

陳金枝

行政院農業委員會農業試驗所 植物病理組

E-mail: Chinzue@tari.gov.tw

摘 要

百合為我國具經濟重要性之切花產業，種球主要由國外進口，病毒可能隨進口帶毒種球而引進國內，造成國內百合栽植與生育品質之風險。國際間記錄上共有十餘種病毒可危害百合。近年來國際間之百合種球繁殖生產，深受車前草嵌紋病毒 (*Plantago asiatica mosaic virus*，簡稱 PlAMV)之危害而影響百合種球品質及其切花產值。2003年間，由日本學者首次證實PlAMV可感染百合，造成百合植株葉片呈現黃化壞疽型病徵，嚴重影響植株之生育與開花品質。2011年初於國外進口之百合種球檢出PlAMV，此病毒亦為受百合種球輸出及進口國高度重視之病毒病害，已被台灣規範為百合重要檢疫病毒。 PlAMV首次於1976年在前蘇聯之車前草 (*Plantago asiatica*) 上發現並命名，為*Potexvirus* 屬病毒成員，寄主範圍廣，可經由汁液機械傳播予健康株，目前未有蟲媒傳播之紀錄，於百合上主要藉由帶毒種球繁殖與行銷而於國際間傳播。受PlAMV感染之百合植株全株帶有病毒，各部位 (根系、球根、莖部、葉部及花等) 均有濃度不均之病毒存在。帶毒母球為病毒病發生之首次感染來源，田間發病株透過切花工具機械傳播或因種球留種則可能會導致此病害本土化之風險。國內已自行開發可檢測PlAMV之免疫檢測用抗血清及核酸分子檢測用引子對等相關檢定技術，可精確掌握此病毒之診斷鑑定及建立其標準取樣提升病毒檢出率，相關檢定技術並已應用於強化對此病毒之防檢疫監測，配合防檢局政策防堵病毒隨種球而輸入國內，以及於田間防疫監測以掌握此病毒之發生概況。PlAMV帶毒種球種植後，發病與病徵表現受栽培環境及不同品系而有差異，於特定品系發現帶病毒植株其病徵不顯現之現象，必須配合生化檢測方能確認PlAMV之發生，尤其進口種球必須直接檢定方能掌握帶病毒與否。高溫對PlAMV病毒有破壞性而降低其感染力；日曬及泡水處理百合罹病組織可達到降解病毒之效果。因應PlAMV特性，田間防疫措施可行方式包括拔除及銷毀病株、切花專用刀剪及不留二代球、田土充分翻犁與日曬、淹水及水田輪作、土壤蒸汽消毒等。國內政府單位已對PlAMV病毒實施嚴密把關之防檢疫措施，以提升國外百合種球輸入國內之品質，宣導農民百合種植於田間栽培期間之相關防治措施，以能確保國內百合切花產業之永續發展。

緒　言

百合為國內具經濟重要性之切花產業，目前種植面積約達 300 公頃，因應季節氣候條件之差異，每年於山區及平地田區輪替耕種下，已週年可生產百合切花。秋冬季於后里、神岡、新社、埔里、桃園大園等區域種植；夏季於高海拔處之清境農場、阿里山等處種植。百合種球主要國外進口，目前所栽培之種球絕大多數均由荷蘭進口，其他進口國包括有智利及紐西蘭，少量由英國及法國進口。近年來國內之百合種球來源，每年由上述國家進口百合種球（資料來源：農委會農產貿易統計查詢系統 http://agrapp.coa.gov.tw/TS2/ TS2Jsp / TS20202.htm）約 5000-6000 萬球，以因應全年生產百合切花之需要。

百合栽培過程中受病毒病害危害影響其切花品質與產值，國際間記錄上共有十餘種病毒可危害百合。目前國內已鑑定可感染百合之病毒包括百合斑紋病毒 (*Lily mottle virus*; 簡稱 LiMV 或 LMoV) (Derks 1995; Zheng *et al.* 2003)、胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic virus*; 簡稱 CMV) (Derks 1995)、百合隱徵型病毒 (*Lily symptomless virus*; 簡稱 LSV) (Derks 1995)、百合 X 病毒 (*Lily virus* X; 簡稱 LVX) (Derks 1995; Memelink *et al.* 1990) 及草莓潛隱輪斑病毒 (*Strawberry latent ringspot virus*; 簡稱 SLRSV) (Chang *et al.* 2001; Cohen *et al*. 1995) 等。國外已記錄者包括車前草嵌紋病毒（*Plantago asiatica mosaic virus*，簡稱 PlAMV)、*Arabis Mosaic Virus* (ArMV) (Zheng *et al.* 2013)、*Cycas necrotic stunt virus* (CNSV)、*Plantago asiatica mosaic virus* (PlAMV)、*Tulip Breaking Virus* (TBV) (Derrk *et al.* 1993)、*Tobacco Mosaic Virus* (TMV) (http://www.mikesbackyardgarden.org/lilypest.html)、*Tobacco Ringspot Virus* (TRSV)及 *Tobacco Rattle Virus* (TRV) 等病毒 (Sharma *et a*l. 2005)。

車前草嵌紋病毒（*Plantago asiatica mosaic virus*，PlAMV) 屬於 *Potexvirus* 屬病毒的成員，1976 年由前蘇聯之學者首次在車前草上發現與命名 (Kostin & Volkov 1976)，可藉由機械傷口與種苗傳播，近年來，寄主範圍逐漸擴大。2003 年，日本學者首次證實該病毒可感染百合，造成罹病植株之葉片壞疽，嚴重影響植株之生育與開花品質；及至 2010 年荷蘭也有此病毒之報導，並已成為目前百合種球繁殖或切花生產之限制因子。

本研究室於 2011 年初首次於荷蘭進口之百合 (品系 Gracia) 種球所栽培之植株檢測出該病毒。罹病植株之葉片黃化壞疽，新葉生長不良，嚴重時全株黃化萎凋。此等罹病組織以 ELISA 法並未檢測出國內原有之百合病毒種類，但以 RT-PCR 法檢測，可檢出與 *Potexvirus* 之簡併式引子對增幅後之預期核酸片段產物 (陳等 2013a, b)。將自行設計之病毒鞘蛋白引子對，進行病毒分離株之增幅與定序，結果確認與 GenBank 已登錄之 PlAMV 為相同病毒之不同系統。本研究室已獲得此病毒之單斑分離株及其純化病毒以提供診斷鑑定之試驗；完成

病毒鞘蛋白分子之選殖與構築於表現載體、轉殖於 *E. coli* 生產毒鞘蛋白抗原，製備完成病毒多元抗體；完成此病毒核酸之檢測試劑。相關檢測試劑與技術並已實務應用於對此病毒之診斷鑑定與監測 (陳等 2013b)，以確保進口種球之品質，及掌握田間發病之狀況。針對此病毒之特性，提供處理發病株或田間防治之可行策略，以降低此病毒病本土化之風險，提供國內百合切花栽培之參考。

一、*Plantago asiatica mosaic virus* (PlAMV)特性

(一)病毒基本特性

Plantago asiatica mosaic virus (PlAMV) 屬於*Potexvirus*屬病毒的成員，病毒顆粒為絲狀病毒、長度約490-530 nm，鞘蛋白分子量約為 22 kDa (Komatsu *et al*. 2008; Solovyev *et al*. 1994)；其全長度基因體已被定序完成 (Takahashi *et al*. 2003)。PlAMV於1976年首次由前蘇聯之學者在車前草（*Plantago asiatica*）上發現，病毒造成植株葉片嵌紋病徵而命名。此病毒可透過汁液機械傳播及種球帶毒傳播，目前尚未有蟲媒傳播之紀錄。PlAMV罹病組織液以機械傳播方式接種於奎藜可形成單斑；接種於菸草形成系統性嵌紋褐化(或壞疽)病徵，嚴重時葉片乾枯落葉 (陳等 2015)。

(二)寄主範圍

PlAMV寄主範圍相當廣 (Kostin & Volkov 1976)，分布主要在中亞地區，但陸續於美國之小蘗科南天竹 (*Nandina domestica*)（Hughes *et al*. 2005）、日本之歐洲櫻草 (Yamashita *et al*. 2003)、百合屬之胭脂花及天女報春花 (*Primula sieboldii*) (Komatsu *et al*. 2008）均有發生之報導；人工接種之寄主已確定者 (Hughes *et al*. 2005)包括奎蔾(*Chenopodium quinoa* Wild.)、紅藜 (*C. amaranticolor*) 煙草 (*Nicotiana benthamiana* & *N. occidentailis*)，千日紅 (*Gomphrea globosa*)、菠菜 (*Spinacea oleracea*)、番杏 (*Tetragonia expansa*) (Ozeki *et al*. 2006)。

二、PlAMV對百合產業之影響

2003年，由日本學者Takeuchi等人 (Takeuchi *et al*. 2003) 首次證實PlAMV可感染百合，造成百合植株葉片呈現黃化壞疽型病徵，影響植株之生育與開花品質；迄至2010年，荷蘭植物保護署 (Plant Protection Service of the Netherlands) 報導其國內有此病毒之發生 (http://www.vwa.nl/txmpub/files/?p_file_ id= 2001424)。報導中指出此病毒引起溫室種植之百合植株葉片出現壞疽，花卉產值下降，造成至少80 %之損失；但強調其田間所種植之百合球莖,則沒有造成產量下降及嚴重危害出現。

PlAMV主要影響百合植株之正常生長與切花品質，病毒感染後，病徵之呈現依百合品系而有差異。田間觀察PlAMV之發病株呈現之病癥，普遍有葉片黃化壞疽嵌紋徵狀，或新葉壞疽而使得植株生長停滯，嚴重者黃化落葉或全株生長不良及黃化萎凋，或有莖部褐化者，或有花苞期才出現頂稍葉片及花苞黃化徵狀。上述均屬可摧毀百合生長或切花品質之嚴重型徵狀，可見PlAMV之發生對百合栽培與生產造成嚴重的影響，此狀況對於種球繁殖生產國而言，直接衝擊其管控病毒之生產成本以及種球出口商譽。居全球最大的百合育種與種球供應國之荷蘭，首次於2010年證實其本土栽培之百合發生此病毒。荷蘭之百合種球生產，除於國內本土與歐洲的法國外，也大量輸出小球於於南半球的智利、紐西蘭等國作養球與開花用種球的出口。近年來荷蘭針對此病毒，亦積極進行控管措施以確保百合種球生產品質與輸出種球之信譽。此外，PlAMV之發生對種球進口者而言，勢必增加病毒檢疫或監測成本，以及帶毒種球造成切花品質劣化與衝擊產值；尤其對於可能於花苞晚期才發病之品系而言，農民已投入之成本與栽培管理時間等心血，均可能因為此病毒之發生嚴重而血本無歸。

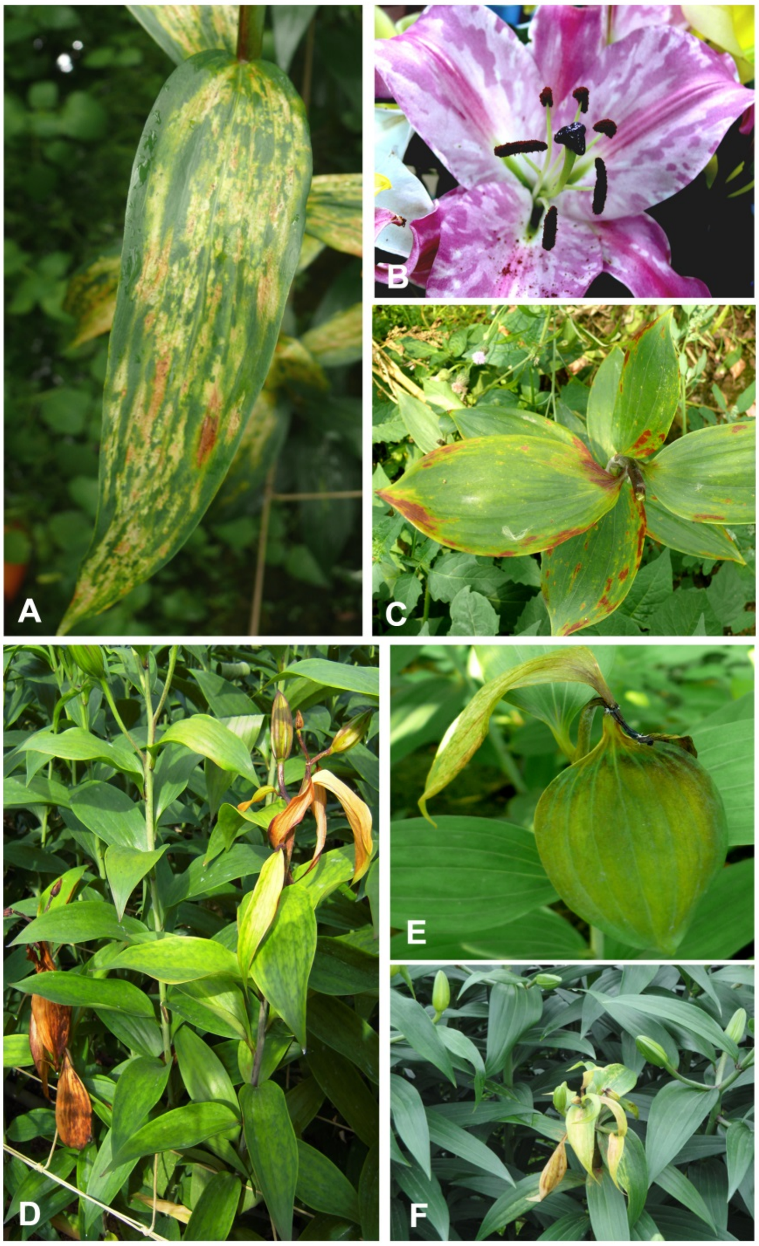
整體而言，PlAMV之發生對於種球生產國、進口國、到農民生產者等整個百合產業生產鏈，均造成生產管理成本提供或產值受挫之影響，此病毒病乃全球百合種球或切花生產國之國際性共同議題。面對此病毒可能造成之檢防疫問題及產業衝擊，政府的防檢疫單位已投入人力在其中因應，以防範病毒之嚴重危害並確保進口種求品質與農民之生產收益。

三、百合寄主對PlAMV之感受性:

受 PlAMV 感染之百合植株，常見葉片出現黃化與嵌紋壞疽，或有新葉壞疽因而造成植株生長停滯，或是嚴重時造成全株生長不良或萎凋，嚴重影響百合之栽培與生產(圖一)。然而，不同百合品系對 PlAMV 有差異性，近五年來調查進口種球種植後於百合檢出有 PlAMV 之病徵型態，由最初期首次發現之 Gracia 新芽壞疽及植株整棵黃化萎凋徵狀外，其它尚有呈現黃化萎凋之其他品系，包括 Lake carey、MarcoPolo、Pink Secret、Yelloween 等；葉片出現黃化嵌紋或壞疽者為PlAMV發病株最常見之病徵型態，包括Manissa、Robina、MarcoPolo、AcaPulco、CasaBlanca、ConcaDor、Lakecarey、Pink Secret 及 Yelloween 等諸多品系及新型品系。晚期發病為受此病毒感染後之另一特性，包括 Moutezuma 及 ConcaDor 等品系常於花苞期方出現頂稍黃化及花苞消蕾等現象。

上述明顯而嚴重之病徵乃 PlAMV 感染百合後之常見徵狀，但近二年來亦陸續發現有些品系有病徵不明顯或無病之現象，或僅於花苞上有輕微之著色不均徵狀等晚期發病現象(未發表資料)，此可能成為田間目視觀察方式之檢疫缺口問題。目前 PlAMV 於不同天然寄主之分離株，彼此間對不同種寄主之感受性尚未有明確之報導顯示相互間有交叉感染之實例，未來需試驗證明之，以確知不同寄

主所感染之 PlAMV 分離株對感染百合罹病的風險度。



圖一、*Plantago asiatica mosaic virus* (PlAMV)引起百合葉片黃化嵌紋壞疽型病徵(A、C)、花朵著色不均(B)、黃化萎凋(D)、新葉壞疽(E)及晚期發病於花苞期頂梢黃化與消蕾病徵(F)。

四、百合PlAMV病毒病發生嚴重原因

百合病毒病害發生嚴重原因，包括(1)帶病毒種球複製，大量繁殖；(2)國際間百合品種交流或產業活動，助長病毒散佈；(3)忽略病毒檢測，母球帶毒則病毒傳播速率加快，病毒普遍發生。PlAMV病毒主要經由種球帶毒傳播，此途徑

容易隨進口種球而引進國內，更成為國內此病毒之首次傳染來源；另一傳播方式為汁液機械傳播，切花採收過程的切離傷口而使得剪花工具上沾有病毒汁液，會隨連續切花程序而將病毒傳播於健康植株上，若農民自行留取第一代種球於下一季，第二代球出現此病毒發生的比率將會提高。以Gracia品系為例，若第一代球已發生此病毒病，種植第二代球後，則PlAMV的發生率有提高到80％之風險。因此，二代種球之使用，成為可能使此病毒本土化之途徑。我國之百合主要為切花產業，種球來源主要由國外進口，因此強化百合進口種球對此病毒之檢疫為正本清源之根本策略。

五、國內PlAMV檢測試劑與檢定技術之開發

防治此病毒之根本策略，除種球生產國對於繁殖用母本球之病毒檢定確保品質篩檢外，對於百合進口國而言，在進口種球上強化對此病毒之檢疫措施，以能防堵病毒隨種球輸入國內。因此，準確而有效率之病毒檢定技術更為早期檢出帶毒種球之重要基石。農業試驗所病毒研究室針對百合 PlAMV 已研製其多元抗體及核酸檢測用引子對，實務應用於此病毒之檢定與監測，使國內首度具有自主檢定此病毒的有效試劑。核酸分子檢測可更靈敏地檢出此病毒，提升對進口種球 PlAMV 病毒之檢疫監測。

(一)免疫檢測法

利用細菌表現蛋白系統製備PlAMV鞘蛋白作為抗原進行抗血清製備，所製備出之多元抗體可實際應用於Indirect ELISA (Indirect Enzyme-linked immunosorbent assay)、SDS-免疫擴散反應、西方轉漬法(western blotting)及直接組織轉漬法 (Direct tissue blotting, DTB) 等血清檢測用以檢出此病毒(陳等 2013b)。並發現以DTB法對此PlAMV的檢出率顯著高於ELISA的檢測結果；而百合球根之根系為最佳之取樣部位，可獲得較高之病毒檢出率，穩定地檢出此病毒(陳等 2013b)。日本學者 (Sugiyama *et al.* 2008) 亦採取百合球根之根系進行LiMV、LSV、CMV 及 PlAMV 等病毒之核酸檢測以提升其檢出病毒之效益。

(二)核酸檢測法

本研究針對PlAMV之全長度鞘蛋白所設計之引子對，除可用於 PlAMV 病毒之核酸分子檢測鑑定外，亦可進一步應用於不同分離株之 CP 增幅與定序，強化對此病毒檢定與分類鑑定之準確度 (陳等 2013b)。另針對病毒檢定監測所設計之引子對，可應用於百合種球或植株組織而專一性地檢出PlAMV (陳等 2014)。利用反轉錄-恆溫環形核酸增幅法(Reverse transcription Loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP)，於65℃恆溫條件下進行增幅反應可成功進行

PlAMV之核酸檢測，以目視法觀察螢光表現與否進行判讀，且其靈敏度高於RT-PCR檢測者(Komatsu *et al.* 2015; 陳等 2014)，此法不須於核酸增幅儀之配備下進行，對於提升PlAMV之檢測敏感度而言為相當具有潛力的快速檢定技術。

六、因應PlAMV特性可採擬之檢防疫防治策略

(一) 罹病株全株帶毒及可透過汁液機械傷口傳播：受PlAMV感染之植株，全株各部位均可能帶有病毒而成為感染源 (陳等 2015)。此病毒主要傳播途徑已知為經由汁液機械途徑或種球帶毒傳播，百合種球若攜帶有此病毒，容易透過輸運而於國際間傳播，輸入進口乃成為此病毒傳入國內的管道；此外，若留下一代球作為下一季的種球再種植，此二代球帶毒在田間繁殖的首次傳染源，更可能促使病毒本土化發生。

而農民在切花時，若使用同一工具在田間連續切花，當切到帶病毒之植株，會將病毒傳播於健康植株上而在田間傳播。因應上述特性，其防治措施如下：(1)強化檢疫把關措施，提升進口種球之品質；(2) 清除及銷毀罹病株，阻斷田間傳染源；(2)使用專用刀具切花，避免田間切花作業之病毒傳播；(3)避免使用二代繁殖種球。

(二) **熱敏感性、不耐日曬及淹水**： PlAMV罹病汁液經由70℃(或以上)之溫度處理後，對PlAMV病毒有破壞性而降低其感染力(陳等 2015)，此與文獻上記錄溫度大於82℃後可對大部分之微生物 (包括病毒) 有致死作用相吻合。此外，PlAMV罹病組織經日曬及泡水處理一段時間後，可降解病毒之活性 (陳等 2015)。PlAMV對溫度敏感及不耐日曬及泡水，尤其泡水處裡可加速植株殘體崩解而促使病毒降解，此特性可提供對此病毒可行之防疫措施。由於國內平地與山區栽培環境差異，山區地形不適合淹水，因此綜合不同區域之狀態，提供田區發生PlAMV時可行之防疫措施，以避免此病毒病之本土化發生。田間百合病毒罹病株之可行防疫處理措施如下表一：

表一、 平地或山區之田間百合病毒罹病株之可行防疫處理措施:

平地	山區
拔除病株、清運銷毀	拔除病株、清運銷毀
充分日光曝曬後犁鋤	充分日光曝曬後犁鋤
犁鋤後之田區充分淹水至少1個月	田土多次翻耕、充分曝曬
水田輪作	輪作、土壤蒸氣消毒

結　語

日本在2003年已證實此病毒發生於百合迄今，PlAMV於百合上立足已超過

十二年以上，百合種球最大供應國荷蘭並於2010年證實此病毒之發生，加上智利及紐西蘭等國之進口百合種球均陸續被檢出有PlAMV，因此病毒已隨種球之國際行銷而散播於世界各地百合栽培國。荷蘭發生此嚴重影響百合生長之病毒病，以及近年來台灣於進口種球攔截到此病毒，促使我國重視此病毒隨種球進口傳入並造成危害的風險。PlAMV普遍引起百合黃化嵌紋壞疽或萎凋型嚴重病癥，尤其有晚期發病造成花苞期才顯現徵狀而令農民虛耗心血無所收成，近期更有發現特定品係受此病毒感染後並不顯現病癥者。針對晚期發病或無病徵現象，或是種球之病毒檢疫，透過實驗室的生化檢測法方得以強化病毒檢定。

目前國內已建立對PlAMV之診斷檢定技術，可自主檢測百合病毒，並實務應用於進口種球檢疫及田間防疫之監測工作。在國內防檢疫人員之努力下，於103年1月及9月分別與荷蘭及智利兩個種球輸出國簽定相關檢疫條規，設立檢疫防線，以控管輸入種球之品質。PlAMV為國際性的病毒病害議題，威脅百合產業甚鉅，除了荷蘭已針對此病毒積極性地進行控管措施確保百合種球品質外，對國內百合切花產業而言，應用已自主建立之病毒診斷檢定技術，根據對PlAMV特性之了解進而研擬可行之田間防疫措施，再配合防檢疫措施之政策推動，加上國內百合切花生產業者之有效配合，必可掌握此病毒病害之發展。

謝　辭

本試驗研究由行政院農業委員會農業試驗所科技計畫補助 (計畫編號，100 農科-1.1.5-農-C1、101 農科-10.3.1-農-C1 及 103 農科-10.2.2-農-C1)，百合病毒監測工作承蒙行政院農委會動植物防疫檢疫局經費補助【100-104 年進口植物有害生物偵測鑑定計畫，以及強化植物有害生物防範措施計畫(101 農科-10.3.1-檢-B5(5)、102-救助調整-檢-01、103-救助調整-檢-01、104-救助調整-檢-01)】。相關試驗工作承蒙本所病毒研究室歷年研究助理林碧雲、張郁靈、劉星君、江芬蘭及黃美容等人之接續協助，歷任替代役林哲三、傅柏凱及王孝允先生協助病毒檢定監測工作，謹此一併致謝。

參考文獻

張清安、陳金枝。2000。百合病毒病之發生與防疫策略。P 75–85。植物疫情與策略研討會專刊。中華植物保護學會編印。144 pp。

陳金枝、張郁靈、江芬蘭、鄭櫻慧、鄧汀欽。2013a。*Plantago asiatica mosaic virus* 核酸分子之 RT-PCR 快速檢測開發。植物病理學會年會摘要 22:177。

陳金枝、張郁靈、林碧雲、江芬蘭、鄭櫻慧、鄧汀欽。2013b。百合 *Plantago asiatica mosaic virus* 檢測試劑製備與提升病毒檢出率之血清檢定法研發。台灣農業

研究 62(3):268–279。

陳金枝、劉星君、江芬蘭、鄭櫻慧、鄧汀欽。2014。應用反轉錄-恆溫環形核酸增幅法於百合之 *Plantago asiatica mosaic virus* 檢測。植物病理學會刊 23 (2): 197–198。

陳金枝、張郁靈、劉星君、江芬蘭、鄭櫻慧、鄧汀欽。2015。百合 *Plantago asiatica mosaic virus* 特性初探及其防治應用。植物病理學會刊(摘要，刊印中)。

Chang, C. A., Lin, M. J., Chen, C. C., Deng, T. C., and Liao, J. Y. 2001. Molecular evidence for the infection of *Strawberry latent ringspot virus* in lily. Plant. Pathol. Bull. 10:55–64.

Cohen, J., Gera, A., and Loebenstein, G. 1995. *Strawberry latent ringspot virus* in lilies. Eur. J. Plant Pathol. 101:217–219.

Derks, A. F. L. M. 1995. Lily. p.313–321. *in*: Virus and Virus-like Diseases of Bulb and Flower Crops. (Loebenstein, G., R. H. Lawson and A. A. Brunt. eds.) John Willey & Sons. West Sussex, United Kingdom. 543 pp.

Dekker, E. L., Derks, A. F., Asjes, C. J., Lemmers, M. E., Bol, J. F., and Langeveld, S. A. 1993. Characterization of potyviruses from tulip and lily which cause flower-breaking. J. Gen. Virol. 74 (5):881–887.

Hughes, P. L., Harper, F., Zimmerman, M. T., and Scott, S.W. 2005. *Nandina mosaic virus* is an isolate of *Plantago asiatica mosaic virus*. Eur. J. of Plant Pathol. 113: 309–313.

Komatsu, K., Maejima, K., Fujita, N., Netsu, O., Tomomitsu, T., Arie, T., Teraoka, T., and Namba, S. 2015. A detection method based on reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for a genetically heterogeneous plantago asiatica mosaic virus. J. Gen. Plant Pathol. 81: 297–303.

Komatsu, K., Yamaji, Y., Ozeki, J., Hashimoto, M., Kagiwada, S., Takahashi, S., and Namba, S. 2008. Nucleotide sequence analysis of seven Japanese isolates of *Plantago asiatica mosaic virus* (PlAMV): a unique potexvirus with significantly high genomic and biological variability within the species. Arch Virol. 153: 193–198.

Kostin, V. D., and Volkov, Y. G. 1976. Some properties of the virus affecting Plantago asiatica L. Virusnye Bolezni Rastenij Dalnego Vostoka 25: 205–210 (In Russian).

Memelink, J., van der Vlugt C. I. M., Linthorst, H. J. M., Derks, A. F. L. M., Asjes, C. J., and Bol, J. F. 1990. Homologies between the genomes of a calarvirus (lily symptomless virus) and a potexvirus (lily virus X) from lily plants. J. Gen. Virol. 71: 917–924.

Ozeki, J., Takahashi, S., Komatsu, K., Kagiwada, S., Yamashita, K., Mori, T., Hirata, H., Yamaji, Y., Ugaki, M. and Namba, S. 2006. A single amino acid in the

RNA-dependent RNA polymerase of Plantago asiatica mosaic virus contributes to systemic necrosis. Arch Virol. 151: 2067–2075.

Sharma, A., Mahinghara, B. K., Singh, A. K., Kulshrestha, S.. Raikhy, G., Singh, L., Verma, N., Hallan, V., Ram, R., and Zaidi, A. A. 2005. Identification, detection and frequency of lily viruses in Northern India. Scientia Horti. 106:213–227.

Sugiyama, S., Masuta, C., Sekiguchi, H., Uehara, T., Shimura, H., and Marut, Y. 2008. A simple, sensitive, specific detection of mixed infection of multiple plant viruses using macroarray and microtube hybridization. J. of Virol. Methods 153: 241–244.

Solovyev, A. G., Novikov, V. K., Merits, A., Savenkov, E. I. , Zelenina, D. A. , Tyulkina L. G., and Morozov. Y. S. 1994. Genome characterization and taxonomy of *Plantago asiatica mosaic virus*. J. of Gen. Virol. 75: 259–267.

Takeuchi, T., and Sasaki, J. 2003. A potexvirus causing necrosis of lily, is one strain of *Plantago asiatica mosaic virus* (PLAMV). Jpn. J. Phytopathol. 69(3): 329.

Takahashi, S., Yamashita, K., Fukui, Y., Komatsu, K., Kagiwada, S., Kanno, Y., Ugaki, M., and Namba, S., 2003. Complete nucleotide sequence of seven *Plantago asiatica mosaic virus* isolates. Jpn. J. Phytopathol. 69(3): 329.

Yamashita, K., Fukui, Y., and Kanno, Y. 2003. Potexvirus isolated from lily and primrose. Jpn. J. Phytopathol. 69(1): 32.

Zheng, H. Y., Chen, J., Zhao, M. F., Lin, L., Chen, J. P., Antoniw, J. F., and Adams, M. J. 2003. Occurrence and sequences of *Lily mottle virus* and *Lily symptomless virus* in plants grown from imported bulbs in Zhejiang province, China. Arch Virol. 148: 2419–2428.

Zheng, Y., Zhang, W. F., Lu, X. O., Zhang, G. M., Wang, H. Y., Zhang, X. Y. Jianjun Feng, J. J., and Long, H. 2013. Specific and Rapid Detection of *Lily symptomless virus* and *Arabis mosaic virus* in Lily by Dual IC-RT-PCR. . J. Phytopathol. 161 (11–12): 823–827.